灌服N-氨甲酰谷氨酸对哺乳山羊羔羊生长性能、血液参数及器官重的影响

王若丞[1] 纪 宇[1] 孙玲伟[1] 茆达干[1] 王金刚[2] 马铁伟[1] 王 锋[1,2] 王子玉[1,2*]

（1. 南京农业大学动物科技学院，南京 210095；2.南京农业大学海门山羊研发中心，海门 216121）

摘 要：本试验旨在研究1~41日龄哺乳山羊羔羊灌服N-氨甲酰谷氨酸(NCG)对其生长性能、血液参数及器官重的影响。选取1日龄体重[（3.1±0.3） kg]相近的哺乳山羊羔羊32只，随机分在2个组中（每组16只），按每天分别灌服0（对照）、100 mg/kg BW的NCG。于羔羊41日龄时进行屠宰。结果表明，与对照组相比：1）灌服NCG显著提高了1~41日龄平均日增重，显著降低了腹泻率（$P<0.05$）；2）灌服NCG显著提高了41日龄羔羊血浆中总蛋白和白蛋白含量（$P<0.05$），而显著降低了21和41日龄羔羊血浆氨和尿素氮含量（$P<0.05$）；3)灌服NCG显著提高了21和41日龄羔血浆胰岛素、生长激素及一氧化氮含量（$P<0.05$）；4)灌服NCG显著提高了血浆精氨酸、鸟氨酸和瓜氨酸含量（$P<0.05$）。5)灌服NCG显著提高了羔羊脾脏、小肠及大肠相对重量（$P<0.05$）。结果提示，灌服NCG促进哺乳山羊羔羊的生长发育及内源精氨酸合成。

关键词：N-氨甲酰谷氨酸；哺乳羔羊；生长性能；血液参数；器官重

中图分类号:S826

精氨酸作为维持幼年家畜最佳生长和氮平衡的必需氨基酸[1]，在促进幼畜肠道蛋白质合成，提高肠道免疫力、抗氧化能力及维护肠道健康等方面都具有重要作用[2]。由于母乳中所含的精氨酸量和自身合成的量往往无法满足幼年家畜的营养需求，可能会限制其生长性能的发挥，因此需要额外提供[3]。然而，精氨酸在瘤胃内的高降解率以及瘤胃保护性精氨酸的高成本限制了其在饲料工业中的应用[4]。N-氨甲酰谷氨酸（N-carbamylglutamate,NCG）作为精氨酸合成激活剂N-乙酰谷氨酸（NAG）的结构类似物[5]，可以通过提高精氨酸合成限速酶氨甲酰磷

收稿日期：2015-12-30

基金项目：公益性行业（农业）科研专项（201303143-06）；江苏省农业科技自主创新引导资金项目（CX(15)1007）

作者简介：王若丞（1991-），男，山东滕州人，硕士研究生，从事羊生产学研究。E-mail: 603327920@qq.com

*通信作者：王子玉，讲师，E-mail: wangziyu@njau.edu.cn

酸合成酶-Ⅰ(CPS-Ⅰ)的活性来促进肠细胞精氨酸合成[6]。因此，NCG 被认为是一种精氨酸增强剂。相对于精氨酸，NCG 在瘤胃中的降解率极低[7]。不同于 NAG，NCG 不会被哺乳动物细胞质中高活性的脱酰基酶分解[8]，这一特性使其更容易进入细胞线粒体发挥作用。通过对哺乳仔猪灌服 NCG 能显著提高哺乳仔猪的血浆精氨酸和生长激素（GH）含量，促进仔猪生长和肌肉蛋白质合成[9]。灌服 NCG 也可以促进 7 日龄哺乳仔猪生长发育及内源精氨酸的合成[10]，但是 NCG 对哺乳山羊羔羊生长性能的影响报道较少。本试验旨在研究灌服 NCG 对哺乳山羊羔羊生长性能、血液参数及器官重的影响，为 NCG 在哺乳山羊羔羊上的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与试验设计

选取32只初生重相近、健康无病的1日龄波尔山羊×海门山羊杂交公羔作为试验羊。为了排除母羊产奶量以及哺乳羔羊数对哺乳山羊羔羊生长性能的潜在影响，每只母山羊哺乳2只公羔，且保证每只母山羊哺乳的公羔分入2个不同组，每组16只。羔羊从1到41日龄每天用注射器灌服0（对照）或100 mg/kg BW的NCG，试验期40 d。试验期间每天分早、晚 2 次灌喂。NCG与温水混合后用5 mL注射器缓慢注入羔羊口腔，对照组注射等体积温水。试验所用NCG购自亚太兴牧科技有限公司，生产许可证号为豫饲添（2014）T05005，产品纯度为97%。

1.2 饲养管理和样品采集

试验在南京农业大学海门山羊研发中心进行。哺乳母羊饲粮参照NRC（2007）推荐的哺乳羊的营养需要配制，哺乳母羊饲粮组成及营养水平见表1。试验期间哺乳母羊单栏饲喂，自由饮水，自由采食。羔羊自由哺乳。试验期间根据羊场生产安排，对试验羔羊进行驱虫、防疫。羔羊1、21及41日龄时，从每组中随机选取5只羔羊，早上灌服NCG 2 h后颈静脉采血5 mL于灭菌的肝素钠抗凝管中，即刻于3 000 r/min离心8 min，分离血浆，于-20 ℃冻存。

表 1　哺乳母羊饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (DM basis)　　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
豆秸 Soy straw	32.35
玉米 Corn	36.80
麦麸 Wheat bran	10.73

豆粕 Soybean meal	16.80
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.60
碳酸氢钠 $NaHCO_3$	0.12
食盐 NaCl	0.50
预混料 Premix[1)]	2.10
合计 Total	100.00
营养水平 Nurtient levels[2)]	
消化能 DE/(MJ/kg)	12.43
粗蛋白质 CP	15.85
中性洗涤纤维 NDF	39.37
酸性洗涤纤维 ADF	21.01
钙 Ca	0.62
有效磷 AP	0.41

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：Fe 56 mg，Cu 15 mg，Zn 40 mg，I 1 mg，Mn 30 mg，Se 0.2 mg，Co 0.25 mg，VA 2 150 IU，VD 170 IU，VE 13 IU。

[2)]实测值 Measured values。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 羔羊生长性能

每组羔羊在1、21及41日龄空腹称重1次，为保证称重时羔羊处在空腹状态，称重当天采血后立即将羔羊抱离哺乳母羊，12 h后称重。计算平均日增重，公式如下：

平均日增重（kg/d）=（末重-初重）/天数。

1.3.2 羔羊腹泻率的测定

每日记录各组试验羔羊腹泻数，羔羊排出粪便稀软或稀如水样，尾根被粪便污染时，判定为腹泻。公式如下：

腹泻率（%）=100×腹泻头次/（羔羊总数×试验天数）。

1.3.3 血浆生化指标的测定

将羔羊1、21及41日龄采集分离的血浆样品于4 ℃解冻后用Vital Scientific临床化学分析仪测定葡萄糖（GLU）、总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、尿素氮（UN）、氨、甘油三酯（TG）、总胆固醇（TC）的含量。

1.3.4 血浆激素含量的测定

将羔羊41日龄采集分离的血浆样品于4 ℃解冻，利用ELISA试剂盒（购自上海卡迈舒生物

科技有限公司）测定血浆GH、胰岛素（Ins）及一氧化氮（NO）含量。

1.3.5　血浆氨基酸含量的测定

将羔羊41日龄采集分离的血浆样品于4 ℃解冻。测定时，取0.3 mL血浆样品与10%磺基水杨酸按1:3比例稀释，混匀，室温下12 000 r/min离心30 min，取上清液，用日立L-8800氨基酸自动分析仪测定氨基酸含量。

1.4　数据统计分析

试验数据采用SPSS 19.0软件进行统计分析。组间的差异采用*t*检验，结果为百分数的采用χ^2检验。除百分数外的其他数据均以平均值±标准差表示，以P＜0.05为差异显著。试验期间有少量羔羊死亡淘汰，因此对照组和NCG组进入统计的羔羊数分别为13和14头。

2　结　果

2.1　灌服 NCG 对哺乳山羊羔羊生长性能及腹泻率的影响

由表 2 可知，与对照组相比，NCG 组羔羊 41 日龄体重提高了 0.89 kg（P<0.05），21~41 日龄和 1~41 日龄平均日增重显著提高（P<0.05）。但 NCG 对羔羊 21 日龄体重及 1~21 日龄平均日增重影响并不显著（P>0.05）。相对于对照组，NCG 组羔羊腹泻率显著降低（P<0.05）。

表 2　灌服 NCG 对哺乳山羊羔羊生长性能和腹泻率的影响

Table 2　Effects of oral NCG supplementation on growth performance and diarrhea rate of suckling kidlets

项目 Items	日龄 Days of age	对照组 Control group	N-氨甲酰谷氨酸组 NCG group	*t* 值 *t*-value
体重 Body weight/kg	1	3.04±0.21	3.12±0.21	0.98
	21	5.42±0.50	5.57±0.50	0.84
	41	7.51±0.39	8.40±0.39*	6.43
平均日增重 Average daily gain/（kg/d）	1~21	0.12±0.03	0.12±0.03	0.39
	21~41	0.11±0.02	0.14±0.02*	5.71
	1~41	0.11±0.01	0.13±0.01*	5.98
腹泻率 Diarrhea rate/%	1~41	32.51	19.63*	-4.16

*表示组间差异显著（P<0.05）。下表同。

* meant significant difference between groups (P<0.05). The same as below.

2.2　灌服 NCG 对哺乳山羊羔羊血浆生化指标的影响

由表 3 可知，NCG 组羔羊 1 日龄血浆生化指标与对照组显著无差异（P>0.05）。NCG 组

羔羊 41 日龄血浆 TP 和 ALB 含量显著高于对照组（*P*<0.05）；但 NCG 组羔羊 21 和 41 日龄血浆中氨和 UN 含量显著降低（*P*<0.05）。

表 3　灌服 NCG 对哺乳山羊羔羊血浆生化指标的影响

Table 3　Effects of oral NCG supplementation on plasma biochemical indexes of suckling kidlets

项目 Items	日龄 Days of age	对照组 Control group	N-氨甲酰谷氨酸组 NCG group	*t* 值 *t*-value
	1	4.25±0.69	4.04±0.61	-0.58
葡萄糖 GLU/（mmol/L）	21	4.69±0.71	4.43±0.69	-0.70
	41	3.64±0.75	3.98±0.31	1.12
	1	64.77±5.72	66.73±6.26	0.37
总蛋白 TP/（g/L）	21	52.76±5.77	53.70±3.31	0.38
	41	50.56±2.42	60.11±2.55*	4.18
	1	38.04±3.28	38.92±4.11	0.37
白蛋白 ALB/（g/L)	21	30.07±3.29	31.61±1.89	0.38
	41	31.10±1.38	36.27±1.45*	4.18
	1	3.70±0.67	3.61±0.65	-0.24
尿素氮 UN/（mmol/L）	21	3.73±0.341	2.12±0.29*	-3.60
	41	4.31±0.423	3.19±0.27*	-3.45
	1	111.00±10.13	108.43±9.48	-0.24
氨 Amonia/（mmol/L）	21	105.57±17.30	77.57±10.68*	-3.59
	41	129.43±14.70	95.57±8.02*	-3.45
	1	0.45±0.24	0.45±0.22	-0.23
甘油三酯 TG/(mmol/L）	21	0.58±0.10	0.42±0.13	-1.82
	41	0.55±0.71	0.39±0.07	-1.40
	1	3.80±0.50	3.60±0.55	-0.71
总胆固醇 TC/(mmol/L）	21	3.82±0.53	3.78±0.36	-1.04
	41	3.83±0.31	3.67±0.89	-0.62

2.3 灌服 NCG 对哺乳山羊羔羊血浆激素及 NO 含量的影响

由表 4 可知，1 日龄 NCG 组羔羊血浆中激素指标与对照组相比无显著差异（*P*>0.05）；相对于对照组，21 和 41 日龄的 NCG 组羔羊血浆中 GH、Ins 及 NO 含量均显著升高（*P*<0.05）。

表 4　灌服 NCG 对哺乳山羊羔羊血浆激素及一氧化氮含量的影响

Table 4　Effects of oral NCG supplementation on plasma hormones and of nitric oxide contents of suckling kidlets

项目 Items	日龄 Days of age	对照组 Control group	N-氨甲酰谷氨酸组 NCG group	*t* 值 *t*-value
生长激素 GH/(pg/mL)	1	455.80±50.44	459.65±69.19	0.19

	21	479.245±52.12	546.711±49.945*	4.27
	41	467.846±36.85	553.389±46.331*	6.02
	1	15.16±0.72	15.34±0.62	0.20
胰岛素 Ins/(mIU/L)	21	13.09±1.63	14.798±0.97*	3.34
	41	14.99±1.60	17.451±1.58*	5.03
	1	6.62±0.71	6.55±0.72	0.19
一氧化氮 NO/(nmol/L)	21	7.02±0.86	8.46±0.98*	2.91
	41	7.38±0.88	11.24±1.41*	6.15

2.4 灌服 NCG 对哺乳山羊羔羊血浆氨基酸含量的影响

由表 5 可知，与对照组相比，NCG 组羔羊血浆精氨酸、瓜氨酸及鸟氨酸含量显著升高（P<0.05）。

表 5 灌服 NCG 对哺乳山羊羔羊血浆氨基酸含量的影响

Table 5 Effects of oral NCG supplementation on plasma amino acid contents of suckling kidlets μmol/L

项目 Items	对照组 Control group	N-氨甲酰谷氨酸组 NCG group	*t* 值 *t*-value
精氨酸 Arg	97.83±9.63	206.50±11.50*	10.70
丝胺酸 Ser	150.00±19.65	168.63±18.13	2.69
脯氨酸 Pro	228.00±17.00	235.50±9.50	0. 29
组氨酸 His	89.73±8.32	99.50±19.50	0.43
苏氨酸 Thr	96.33±5.04	106.20±20.80	0.19
赖氨酸 Lys	249.33±25.51	257.00±33.00	0.15
甲硫氨酸 Met	21.83±7.02	34.00±3.10	1.92
缬氨酸 Val	401.67±140.47	400.33±88.91	-0.09
酪氨酸 Tyr	89.70±9.65	79.13±24.91	-1.02
异亮氨酸 Ile	77.80±39.70	71.40±1.00	-0.86
亮氨酸 Leu	173.67±13.87	138.67±23.67	-1.92
苯丙氨酸 Phe	56.47±2.80	58.37±6.18	0.17
色氨酸 Trp	26.00±2.90	29.90±2.47	0.26
丙氨酸 Ala	264.67±35.36	286.50±9.50	0.71
天门冬氨酸 Asp	25.18±0.69	25.11±0.81	-0.05
天门冬酰胺 Asn	387.30±8.29	397.00±92.00	0.04
谷氨酸 Glu	29.73±2.98	23.71±5.55	-0.16
谷氨酰胺 Gln	439.67±9.50	399.00±42.00	-0.18
半胱氨酸 Cys	9.62±0.03	11.19±2.06	0.31
甘氨酸 Gly	237.67±11.02	201.57±11.16	-1.29
瓜氨酸 Cit	40.46±3.80	58.37±6.19*	6.02

鸟氨酸 Orn	46.47±2.80	68.37±7.17*	5.43

2.5 灌服 NCG 对哺乳山羊羔羊器官相对重量的影响

由表 6 可知，灌服 NCG 后，羔羊各器官相对重量均有所升高，其中 NCG 组羔羊脾脏、小肠以及大肠相对重量均显著高于对照组（$P<0.05$）。

表 6 灌服 NCG 对哺乳山羊羔羊器官相对重量的影响

Table 6 Effects of oral NCG supplementation on organ relative weight of suckling kidlets g/kg

项目 Items	对照组 Control group	N-氨甲酰谷氨酸组 NCG group	*t* 值 *t*-value
心脏 Heart	5.59±0.99	5.60±0.69	0.74
肝脏 Liver	21.97±3.08	24.17±2.98	1.93
脾脏 Spleen	1.73±0.24	2.50±0.31*	3.24
肺脏 Lung	16.91±3.37	17.86±2.21	0.97
肾脏 Kidney	4.46±0.6	5.24±0.65	1.29
瘤胃 Rumen	7.32±1.02	7.26±0.79	0.57
网胃 Reticulum	2.66±0.27	2.74±0.34	1.21
瓣胃 Omasum	0.80±0.11	0.83±0.24	0.42
皱胃 Abomasum	7.86±1.13	7.86±1.07	0.74
大肠 Large intestine	13.98±1.96	17.14±2.63*	3.22
小肠 Small intestine	29.29±4.1	42.74±4.23*	4.98
睾丸 Testis	1.43±0.19	1.75±0.41	1.31

3 讨 论

以往多个报道中均表明精氨酸对幼年家畜来说是一种必需氨基酸[11-13]，这可能是由于母乳提供的和内源性合成的精氨酸不能满足其营养需求。通过外源性途径直接补充精氨酸会导致其他氨基酸（色氨酸、赖氨酸及组氨酸等）的吸收障碍，而且过量补充精氨酸会导致体内 NO 急剧增加，对机体组织造成损伤[14]。通过内源性途径调节动物精氨酸含量，提高其生长性能，可以避免直接灌服精氨酸带来的负面效应[14]。NAG 是内源性精氨酸合成的一个必要的辅助性因子[15]。许多研究已经证实，NCG 作为 NAG 的结构类似物，可以促进多数哺乳动物（包括鼠[16]、猪[10]、牛[6]、羊[17]）内源性精氨酸的合成。

关于 NCG 对幼龄家畜生产性能的影响,国内外已有一些报道,但主要集中在仔猪上。例如，灌服 NCG 可以促进哺乳仔猪生长发育及内源精氨酸的合成[18]；饲粮添加 0.08%的 NCG 可以显著提高断奶仔猪生长性能，促进肠道发育，缓解断奶应激以及降低腹泻率[12]。但 NCG 对新生反刍动物生长性能的影响报道较少。本研究表明，灌服 NCG 40 d，哺乳山羊羔羊的平均日

增重显著提高，腹泻率显著降低。其原因可能是 NCG 促进了机体内源性精氨酸的合成,进而促进羔羊骨骼肌蛋白合成和肠道发育。Frank 等[9]报道，灌服 NCG 显著提高了哺乳仔猪的平均日增重和骨骼肌蛋白质合成；Wang 等[19]报道，在 7~14 日龄的健康及宫内生长迟缓（IUGR）仔猪代乳料中添加 0.6%的精氨酸，显著促进了仔猪的肠道发育，降低了腹泻率。这些报道均与本研究结果一致。

血液中氨是动物体内一种有毒代谢物，动物可以通过尿素循环将多余的氨转化为尿素从而降低氨含量[20]，而 CPS-Ⅰ是氨向氨甲酰磷酸转化过程中的关键酶[21]。在精氨酸合成代谢过程中,NAG 是 CPS-Ⅰ的变构激活剂[10,14]。因此，NCG 作为 NAG 的类似物，可以通过激活 CPS-Ⅰ而促进体内多余的氨向尿素转化[22]。本试验中，灌服 NCG 显著降低了 21 和 41 日龄哺乳羔羊的血浆氨和 UN 含量，血浆 TP 含量相应提高，这表明哺乳仔猪灌服 NCG 后，一方面通过激活 CPS-Ⅰ将体内多余的氨化为尿素，另一方面又促进了体内蛋白质合成并增加了氮沉积。ALB 是动物应激的重要指标，应激时通常伴随着 ALB 的降低[14]。本试验发现 NCG 组羔羊 41 日龄血浆 ALB 水平显著高于对照组,原因可能是灌服 NCG 提高了了哺乳羔羊的抗应激能力。

众所周知，精氨酸可以促进动物内源性 Ins 和 GH 的释放[23-25]。本试验发现灌服 NCG 显著提高了 21 和 41 日龄哺乳羔羊的血浆 GH 和 Ins 水平。这可以归因于灌服 NCG 所引起的血浆精氨酸水平的提高。精氨酸是动物体内 NO 合成的前体物质和调节因子[26]。本试验发现灌服 NCG 显著提高了羔羊血浆 NO 水平，但还在羔羊正常生理范围内。这表明，饲粮中添加 NCG 并不会使 NO 大量增多，但 NO 的适当增加能调节机体免疫、促进血管生成、减少胃肠道黏膜损害[27]，进而促进羔羊生长发育。

仔猪出生 1 周后，母乳提供的精氨酸及内源合成的精氨酸已不能满足其最大生长的营养需要[23]。尽管每天灌服高剂量的精氨酸或瓜氨酸可以提高血浆精氨酸含量，但同时也会导致血浆中其他必需氨基酸的含量（如赖氨酸和色氨酸）的降低。这可能是由氨基酸之间（精氨酸/赖氨酸；瓜氨酸/色氨酸）的拮抗作用所引起的[1]。所以通过灌服 NCG 来补充精氨酸和瓜氨酸是一种更为可行的选择[9]。作为 CPS-Ⅰ的代谢稳定激活因子，在猪肠细胞内，NCG 可以促精氨酸和瓜氨酸的合成[1]。本研究发现，灌服 NCG 促进了哺乳羔羊体内精氨酸的合成，使血浆游离精氨酸、瓜氨酸及鸟氨酸含量显著升高，但并没有降低血浆色氨酸和赖氨酸含量。说

明NCG在促进内源性精氨酸合成的同时，并未影响哺乳羔羊对赖氨酸和鸟氨酸的转运与吸收。

精氨酸是重要的免疫调节器。有研究发现，在鸡和鹅的饲粮中添加适量精氨酸可显著增加免疫器官如脾脏和法氏囊的发育[28-29]。麻名文[30]研究发现，肉兔的饲粮添加精氨酸可显著影响胸腺指数，但对脾脏指数影响不显著。本实验发现给哺乳羔羊灌服NCG可以显著提高脾脏相对重量，这与前人结果基本一致，说明NCG可能在哺乳羔羊免疫器官的发育及机体免疫调节方面起促进作用。单胃动物上的研究发现精氨酸可以调节肠上皮细胞哺乳动物雷帕霉素靶蛋白（mTOR）信号通路，促使肠道蛋白质合成，抑制蛋白质降解，同时促进肠黏膜上皮细胞增殖与生长[31]。确实，在21日龄断奶仔猪的基础饲粮中添加1%的精氨酸可以显著提高小肠的相对重量、绒毛高度及隐窝深度，促进了小肠的发育[12,32]。此外，还有研究发现精氨酸可以诱导新生仔猪肠黏膜的生长[33]。近期的研究还发现在饲粮添加瘤胃保护性精氣酸及N-氨甲酰谷氨酸均可提高新疆细毛羊断奶羔羊肠道黏膜的蛋白质合成率[34]。本试验发现给哺乳羔羊灌服NCG可以显著提高大肠和小肠的相对重量，促进了肠道发育，这与前人研究的结果基本一致。肠道是机体重要的消化器官，是营养物质的消化和吸收的最终场所[35]。促进肠道的生长发育可以增强其对营养物质的消化和吸收，这可能是灌服NCG提高哺乳羔羊生长性能的原因之一。

4 结 论

给哺乳羔羊灌服适量的NCG，可有效提高血浆精氨酸及其代谢产物的水平，降低哺乳羔羊腹泻率，提高羔羊生长性能，促进器官发育。

参考文献：

[1] WU G,KNABE D A,KIM S W.Arginine nutrition in neonatal pigs[J].The Journal of Nutrition,2004,134(10S):2783S-2790S.

[2] 谭溪清.精氨酸的营养生理作用[J].湖南饲料,2009(6):15–17.

[3] 刘兆金,印遇龙,邓敦,等.精氨酸生理营养研究[J].氨基酸和生物资源,2005,27(4):54–57.

[4] CHACHER B,LIU H Y,WANG D M,et al.Potential role of N-carbamoyl glutamate in biosynthesis of arginine and its significance in production of ruminant animals[J].Journal of Animal Science and Biotechnology,2013,4:16.

[5] GESSLER P,BUCHAL P,SCHWENK H U,et al.Favourable long-term outcome after immediate treatment of neonatal hyperammonemia due to N-acetylglutamate synthase deficiency[J].European journal of pediatrics,2010,169(2):197–199.

[6] CHACHER B,ZHU W,YE J A,et al.Effect of dietary N-carbamoylglutamate on milk production and nitrogen utilization in high-yielding dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2014,97(4):2338–2345.

[7] CHACHER B,WANG D M,LIU H Y,et al.Degradation of *L*-arginine and N-carbamoyl glutamate and their effect on rumen fermentation *in vitro*[J].Italian Journal of Animal Science,2012,11(4):e68.

[8] MORIZONO H,CALDOVIC L,SHI D S,et al.Mammalian N-acetylglutamate synthase[J].Molecular Genetics and Metabolism,2004,81(Suppl.1):4–11.

[9] FRANK J W,ESCOBAR J,NGUYEN H V,et al.Oral N-carbamylglutamate supplementation increases protein synthesis in skeletal muscle of piglets[J].The Journal of Nutrition,2007,137(2):315–319.

[10] 王琤韡.精氨酸对仔猪宫内发育及 N-氨甲酰谷氨酸对断奶仔猪生长的影响[D].博士学位论文.南昌：江西农业大学,2012.

[11] WAKABAYASHI Y,YAMADA E,YOSHIDA T,et al.Arginine becomes an essential amino acid after massive resection of rat small intestine[J].Journal of Biological Chemistry,1994,269(51):32667–32671.

[12] WU X,RUAN Z,GAO Y L,et al.Dietary supplementation with *L*-arginine or *N*-carbamylglutamate enhances intestinal growth and heat shock protein-70 expression in weanling pigs fed a corn-and soybean meal-based diet[J].Amino Acids,2010,39(3):831–839.

[13] WU G Y,BAZER F W,DAVIS T A,et al.Arginine metabolism and nutrition in growth,health and disease[J].Amino Acids,2009,37(1):153–168.

[14] 周锡红,吴信,唐香山,等.不同水平精氨酸生素对断奶仔猪生长性能和血液指标的影响[J].农业现代化研究,2010,31(2):237–240.

[15] HALL L M,METZENBERG R L,COHEN P P.Isolation and characterization of a naturally occurring cofactor of carbamyl phosphate biosynthesis[J].Journal of Biological Chemistry,1958,230(2):1013–1021.

[16] ZENG X F,HUANG Z M,MAO X B,et al.N-carbamylglutamate enhances pregnancy outcome in rats through activation of the PI3K/PKB/mTOR signaling pathway[J].PLoS One,2012,7(7):e41192.

[17] LASSALA A,BAZER F W,CUDD T A,et al.Parenteral administration of *L*-arginine prevents fetal growth restriction in undernourished ewes[J].The Journal of Nutrition,2010,140(7):1242–1248.

[18] 曹洪战,陈楠,芦春莲.N-氨甲酰谷氨酸对哺乳仔猪生长及内源精氨酸合成代谢的影响[J].畜牧兽医学报,2013,44(11):1844–1850.

[19] WANG Y X,ZHANG L L,ZHOU G L,et al.Dietary *L*-arginine supplementation improves the intestinal development through increasing mucosal Akt and mammalian target of rapamycin signals in intra-uterine growth retarded piglets[J].British Journal of Nutrition,2012,108(8):1371–1381.

[20] O'CONNOR J E,JORDÁ A,GRISOLÍA S.Acute and chronic effects of carbamyl glutamate on blood urea and ammonia[J].European Journal of Pediatrics,1985,143(3):196–197.

[21] GUFFON N,VIANEY-SABAN C,BOURGEOIS J,et al.A new neonatal case of N-acetylglutamate synthase deficiency treated by carbamylglutamate[J].Journal of Inherited Metabolic Disease,1995,18(1):61–65.

[22] 周笑犁,印遇龙,孔祥峰,等.N-氨甲酰谷氨酸对环江香猪生长性能、营养物质消化率及血浆游离氨基酸含量的影响[J].动物营养学报,2011,23(11):1970–1975.

[23] FLYNN N,KNABE D A,MALLICK B K,et al.Postnatal changes of plasma amino acids in suckling pigs[J].Journal of Animal Science,2000,78(9):2369–2375.

[24] WU G Y,MORRIS S M,Jr.Arginine metabolism:nitric oxide and beyond[J].Biochemical Journal,1998,336(1):1–17.

[25] YAO K,YIN Y L,CHU W,et al.Dietary arginine supplementation increases mTOR signaling activity in skeletal muscle of neonatal pigs[J].The Journal of Nutrition,2008,138(5):867–872.

[26] WU G Y,MEININGER C J.Regulation of nitric oxide synthesis by dietary factors[J].Annual Review of Nutrition,2002,22:61–86.

[27] MORRIS S M,Jr.Recent advances in arginine metabolism:roles and regulation of the arginases[J].British journal of pharmacology,2009,157(6):922–930.

[28] KWAK H,AUSTIC R E,DIETERT R R.Influence of dietary arginine concentration on lymphoid organ growth in chickens[J].Poultry Science,1999,78(11):1536–1541.

[29] 闫伟.*L*-精氨酸对免疫应激鹅生长性能、器官发育及血液生化指标的影响[D].硕士学位论文.扬州：扬州大学，2010.

[30] 麻名文.日粮精氨酸对生长肉兔生长性能、免疫、血液生化指标、激素水平及 IGF-Ⅰ mRNA 表达量的影响[D].硕士学位论文.泰安：山东农业大学,2009.

[31] NICHOLSON B,MANNER C K,KLEEMAN J,et al.Sustained nitric oxide production in macrophages requires the arginine transporter CAT2[J].Journal of Biological Chemistry,2001,276(19):15881–15885.

[32] YAO K,GUAN S,LI T J,et al.Dietary *L*-arginine supplementation enhances intestinal development and expression of vascular endothelial growth factor in weanling piglets[J].British Journal of Nutrition,2011,105(5):703–709.

[33] PUIMAN P J,STOLL B,VAN GOUDOEVER J B,et al.Enteral arginine does not increase superior mesenteric arterial blood flow but induces mucosal growth in neonatal pigs[J].The Journal of Nutrition,2011,141(1):63–70.

[34] 赵宏丽.精氨酸对细毛羊肠道蛋白质合成、氨基酸转运蛋白 mRNA 表达及肠道健康的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特：内蒙古农业大学,2012.

[35] RIEDIJK M A,STOLL B,CHACKO S,et al.Methionine transmethylation and transsulfuration in the piglet gastrointestinal tract[J].Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2007,104(9):3408–3413.

Effects of Oral N-Carbamylglutamate Supplementation on Growth Performance, Blood Parameters and Organ Weight of Suckling Kidlets

WANG Ruocheng[1] JI Yu[1] SUN Lingwei[1] MAO Dagan[1] WANG Jingang[2] Ma Tiewei[1] WANG Feng [1,2] WANG Ziyu[1,2*]

(1. *College of Animal Science and Technology*, *Nanjing Agricultural University*, *Nanjing* 210095，*China*; 2. *Research Centre of Haimen Goats*, *Nanjing Agricultural University*, *Haimen* 216121, *China*)

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of oral N-carbamylglutamate (NCG) supplementation on growth performance, blood parameters and organ weight of suckling kidlets from 1 to 41 days of age. Thirty two suckling kidlets with similar body weight [(3.1±0.3) kg] were randomly assigned to 2 groups (16 kidlets per group) at 1 day of age. Two groups of kidlets were orally administrated NCG at the dose of 0 (control) and 50 mg/kg BW per day, respectively. All kidlets were sacrificed at 41 days of age. The results showed that compared with control group: 1） oral administration of NCG significantly increased average daily gain and reduced diarrhea rate of sucking kidlets at 1 to 41 days of age (P<0.05); 2） oral administration of NCG significantly increased plasma total protein and albumin contents of 41-day-old suckling kidlets (P<0.05), meanwhile, significantly decreased plasma ammonia and urea nitrogen contents of 21- and 41-day-old suckling kidlets (P<0.05); 3） oral administration of NCG significantly increased plasma growth hormone, insulin and nitric oxide contents of 21- and 41-day-old suckling kidlets (P<0.05); 4） oral administration of NCG significantly increased plasma arginine, citrulline and ornithine contents of suckling kidlets (P<0.05); 5） oral administration of NCG significantly increased the relative weight of spleen, large intestine and small intestine of suckling kidlets (P<0.05). In conclusion, oral administration of NCG increases synthesis of arginine and improve growth performance of suckling kidlets.

Key words: N-carbamylglutamate; suckling kidlet; growth performance; blood parameters; organ weight

---

*Corresponding author, Instructor, E-mail: wangziyu@njau.edu.cn （责任编辑　王智航）